



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Y ENERGÍAS LIMPIAS

# Sistemas fotovoltaicos interconectados con la red. Aplicaciones de pequeña escala

**Créditos: 3**  
**24 Horas**

## Objetivo

Formar personal en el tema de la tecnología fotovoltaica y sus aplicaciones conectadas a la red, desarrollando sus habilidades técnicas para realizar este tipo de instalaciones, y para detectar y solucionar fallas en los sistemas fotovoltaicos interconectados de pequeña escala.

## Dirigido

Personal que incursiona en el campo de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica y desea solidificar o incrementar sus conocimientos en el área teórico-práctica; sin restricción en la formación académica.

## Temario

### Primer día

#### Capítulo 1

##### La tecnología fotovoltaica

- 1.1 Fundamentos de la energía fotovoltaica
- 1.2 Fundamentos de la tecnología fotovoltaica
- 1.3 ¿Qué es un sistema FV conectado a la red eléctrica?
- 1.4 Tipos de sistemas FV conectados a la red
- 1.5 Ámbito internacional

#### Capítulo 2

##### Fundamentos en energía eléctrica en SFVI

- 2.1 Descripción de parámetros eléctricos
- 2.2 Concepto de generador, medio conductor y carga
- 2.3 Circuitos de corriente directa (CD)
- 2.4 Circuitos en corriente alterna (CA)
- 2.5 La red eléctrica del SE Mexicano
- 2.6 Clasificación básica de SFVI residenciales

#### Capítulo 3

##### Inversores

- 3.1 Tipos de inversores para SFVI
- 3.2 Condiciones operacionales a considerar
- 3.3 Requerimientos de los inversores para SFVI
- 3.4 Estatus actual de la tecnología

### Segundo día: (Práctica)

Experimento 1: Obtención de la curva característica del diodo.



Experimento 2: Obtención de la curva característica de un módulo fotovoltaico.  
 Experimento 3: Obtención de la curva característica de un módulo fotovoltaico a distintas cantidades de irradiación.  
 Experimento 4: Efecto de la temperatura en la curva característica de un módulo fotovoltaico.  
 Experimento 5: Efecto del ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico en la potencia de salida.  
 Experimento 6: Simulación de monitoreo en verano/invierno.  
 Experimento 7: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.  
 Experimento 8: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.  
 Experimento 9: Sombreado de módulos fotovoltaicos sin diodo bypass.  
 Experimento 10: Sombreado de módulos fotovoltaicos con diodo bypass.  
 Experimento 11: Operación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

### **Tercer día: (Teoría)**

#### **Capítulo 4 Implicaciones técnicas de la interconexión y estrategias de solución**

- 4.1 Distorsión armónica
- 4.2 Factor de potencia
- 4.3 Fluctuación de voltaje
- 4.4 Respuesta a situaciones de falla
- 4.5 Condición de operación en “modo isla” (islanding)
- 4.6 Análisis de la especificación técnica CFE-G100-04

#### **Capítulo 5 Componentes del sistema y su instalación**

- 5.1 Componentes del Sistema
- 5.2 Instalación eléctrica

- 5.3 Instalación Mecánica
- 5.4 Seguridad

#### **Capítulo 6 Operación, mantenimiento y solución de fallas**

- 6.1 Operación del SFVI
- 6.2 Mantenimiento y servicio
- 6.3 Detección de fallas
- 6.4 Solución de fallas

### **Instructores**



**Dr. Humberto Raúl  
Jiménez Grajales**

Doctor en ciencias en ingeniería electrónica por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET, 2015) en la línea de sistemas fotovoltaicos, específicamente en el tema de Confiabilidad. Obtuvo la maestría en Electrónica de Potencia en la línea de investigación de Calidad y Ahorro de Energía, en el CENIDET (2002). Ingeniero electrónico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (1998). Con el proyecto de maestría obtuvo el Primer lugar en el XVI Concurso Nacional de Creatividad (2001) y en el Certamen Nacional de Ciencia y Tecnología (2002). Desde 2001 labora en el Instituto de Investigaciones Eléctricas en la Gerencia de Energías Renovables, donde se ha desempeñado como investigador en la línea de sistemas fotovoltaicos

interconectados a la red eléctrica, apoyando proyectos diversos para el Conacyt, CFE, PEMEX y el sector privado. Ha impartido cursos de especialización en su área para sectores como el energético, académico y de la iniciativa privada. Asimismo ha dictado conferencias a nivel nacional e internacional en foros afines. Tiene coautoría en publicaciones nacionales e interrelacionadas afines a su línea de investigación. Ha dirigido tesis y estancias académicas a nivel licenciatura.

Asociaciones profesionales a las que pertenece: Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), Grupo de Trabajo en Iniciativa de Calor Solar (ANES, Conuee, GIZ), Red de Energía Solar (CEMIESol). Revisor Técnico del CIINDET-IEEE Sección Morelos.



**M.C. Juan Rafael  
Ramírez Benítez**

Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica opción Energética (IPN)  
Ingeniero Mecánico Industrial opción Térmica.

Trabajó como profesor-investigador en la Universidad Tecnológica de Puebla.

En el INEEL, entre otras actividades ha colaborado en el área termosolar en actividades relacionadas con proyectos para la demostración de la tecnología de canal parabólico para producción de calor de proceso, y la tecnología de plato parabólico para generación de electricidad.

Actualmente colabora con el área fotovoltaica en el desarrollo de los estándares de competencia en temas relacionados con la Generación de electricidad con sistemas fotovoltaicos para generación distribuida.